

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-092882

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

H02P 5/00

G05B 13/02

G05D 3/12

(21)Application number : 10-265069

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 18.09.1998

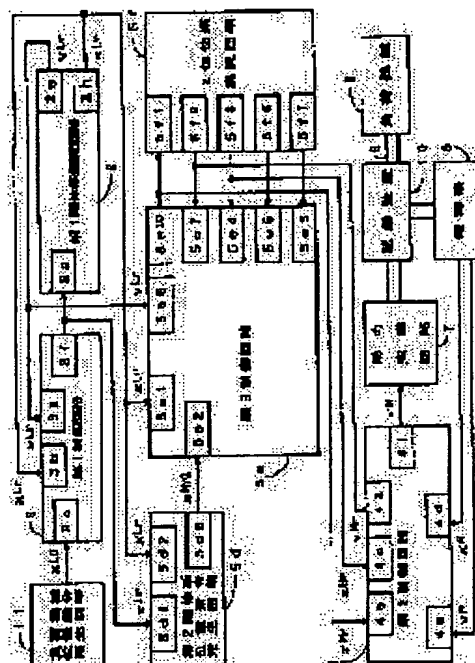
(72)Inventor : KAKU SOKI
UMEDA NOBUHIRO
OGURO RYUICHI
TOMITA KOJI

(54) POSITION CONTROLLER OF TWO-INERTIAL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve position control response of a load machine to a change in the position command of the load machine.

SOLUTION: This position controller, which involves load machines 9 such as a table and robot arm in a machine tool, a motor 10 driving the load machine, and a transmission mechanism 8 connecting both of them, is provided, in addition to a conventional control circuit, with the first rigid body simulation circuit 2, the first control circuit 3, the third rigid body system position command generating circuit 5d, the third control circuit 5e, and a two-inertial system simulation circuit 5f having the 3-1 rigid body system simulation circuit, the 3-2 rigid body system simulation circuit, and the 3-1 spring system simulation circuit introduced newly.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) IntCl. ¹	識別記号	PI	フーワード (参考)
H02P 5/00		H02P 5/00	X 5H004
G05B 13/02		G05B 13/02	C 5H303
G05D 3/12	305	G05D 3/12	305V 5H550

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平10-265089	(71) 出願人	000006822 株式会社安川電機
(22) 出願日	平成10年9月18日 (1998.9.18)	(72) 発明者	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 ▲かく▼ 双輝
		(72) 発明者	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
		(72) 発明者	梅田 伸弘
		(74) 代理人	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 100073874 弁理士 森野 平 (外4名)

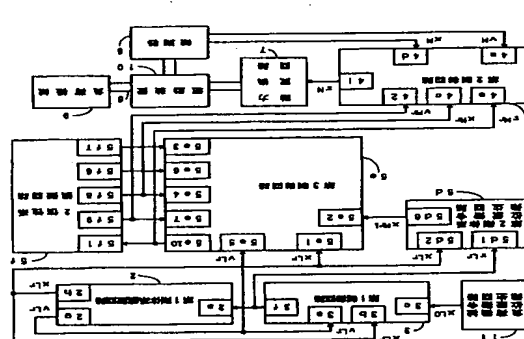
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2 慣性系の位置制御装置

(57) 【要約】

【課題】 負荷機械の位置指令の変化に対する負荷機械の位置制御の応答性を改善する。

【解決手段】 工作機械におけるテーブルやロボットのアーム等の負荷機械 9 と、該負荷機械を駆動するモータ 8 と、この両者を連結する伝達機構 8 と、を備えた 2 慣性系の位置制御装置において、従来の制御回路の他に、第 1 剛体系位置制御回路 2 と、第 1 制御回路 3 と、第 3 剛体系位置指令発生回路 5d と、第 3 制御回路 5e を設け、かつ、2 慣性系位置制御回路 5f 内に第 3-1 剛体系位置制御回路と第 3-2 剛体系位置制御回路と第 3-1 ばね系位置制御回路とを新たに導入した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 負荷機械と動力を伝達する伝達機構を介して前記負荷機械を駆動する駆動装置と前記伝達機構とを備えた機械系と、前記駆動装置の位置または速度を検出する観測器と、

伝達された駆動力に対して負荷機械の位置を出力する第 1 剛体系と、与えられた駆動力入力に対して駆動装置の位置を出力する第 2 剛体系と、前記第 1 剛体系や前記第 2 剛体系を連結するばね系と、を備えた 2 慣性系として前記機械系を近似するとともに、前記第 1 剛体系の出力特性を模擬し、第 1 模擬駆動力信号に基づいて第 1 模擬位置信号及び第 1 模擬速度信号を出力する第 1 剛体系位置制御回路と、

前記負荷機械の位置指令信号と前記第 1 模擬位置信号と前記第 1 模擬速度信号に基づいて第 1 模擬駆動力信号を出力する第 1 制御回路と、前記ばね系の入力出力特性に基づいて、入力された前記第 1 模擬位置信号及び前記第 1 模擬速度信号に対して前記第 1 模擬駆動力信号と後述の第 3-1 模擬位置信号とに基づいて第 3-1 模擬駆動力信号を出力する第 2 剛体系位置指令発生回路と、

前記第 2 剛体系を模擬するとともに後述の第 3-2 模擬駆動力信号に基づいて第 3-2 模擬位置信号及び第 3-2 模擬速度信号を出力する第 3-2 剛体系位置制御回路と、前記ばね系を模擬するとともに前記第 3-2 模擬位置信号と後述の第 3-1 模擬位置信号とに基づいて第 3-1 模擬駆動力信号と第 3-1 模擬速度信号とを出力する第 3-1 ばね系位置制御回路と、

前記第 1 剛体系位置制御回路と同一な構造を有しかつ前記第 3-1 模擬駆動力信号に基づいて第 3-1 模擬位置信号と第 3-1 模擬速度信号を出力する第 3-1 剛体系位置制御回路と、

第 3-2 模擬駆動力信号と前記第 3-1 模擬駆動力信号とを減算し第 3-2 模擬駆動力信号を出力する減算器と、

前記駆動装置の第 2 模擬位置指令と前記第 1 模擬位置信号と前記第 3-1 模擬位置信号と前記第 3-2 模擬位置信号とに基づいて第 3-2 模擬速度信号と前記第 3-1 模擬速度信号とに基づいて第 3-2 模擬速度信号とを減算し第 3-2 模擬速度信号を出力する減算器と、

前記第 3-2 模擬速度信号と前記第 3-1 模擬速度信号とに基づいて第 3-2 模擬位置信号と前記第 3-1 模擬位置信号とを減算し第 3-2 模擬位置信号を出力する減算器と、

【請求項 2】 負荷機械と動力を伝達する伝達機構を介して前記負荷機械を駆動する駆動装置と前記伝達機構とを備えた機械系と、前記駆動装置の位置または速度を検出する観測器と、

伝達された駆動力に対して負荷機械の位置を出力する第

1 剛体系と、与えられた駆動力入力に対して駆動装置の位置を出力する第 2 剛体系と、前記第 1 剛体系や前記第 2 剛体系を連結するばね系とを備えた 2 慣性系として前記機械系を近似するとともに、前記第 1 剛体系の出力特性を模擬し、第 1 模擬駆動力信号に基づいて第 1 模擬位置信号及び第 1 模擬速度信号を出力する第 1 剛体系位置制御回路と、

前記負荷機械の位置指令信号と前記第 1 模擬位置信号と前記第 1 模擬速度信号に基づいて第 1 模擬駆動力信号を出力する第 1 制御回路と、前記ばね系の入力出力特性に基づいて、入力された前記第 1 模擬位置信号及び前記第 1 模擬速度信号に対して前記第 1 模擬駆動力信号と後述の第 3-1 模擬位置信号とに基づいて第 3-1 模擬駆動力信号と第 3-1 模擬速度信号とを出力する第 3-1 ばね系位置制御回路と、

前記第 2 剛体系を模擬するとともに第 3-2 模擬駆動力信号に基づいて第 3-2 模擬位置信号及び第 3-2 模擬速度信号を出力する第 3-2 剛体系位置制御回路と、前記ばね系を模擬するとともに前記第 3-2 模擬位置信号と後述の第 3-1 模擬位置信号とに基づいて第 3-1 模擬駆動力信号と第 3-1 模擬速度信号とを出力する第 3-1 ばね系位置制御回路と、

前記第 1 剛体系位置制御回路と同一な構造を有しかつ前記第 3-1 模擬駆動力信号に基づいて第 3-1 模擬位置信号と第 3-1 模擬速度信号を出力する第 3-1 剛体系位置制御回路と、

第 3-2 模擬駆動力信号と前記第 3-1 模擬駆動力信号とを減算し第 3-2 模擬駆動力信号を出力する減算器と、

前記駆動装置の第 2 模擬位置指令と前記第 1 模擬位置信号と前記第 3-1 模擬位置信号と前記第 3-2 模擬位置信号とに基づいて第 3-2 模擬速度信号と前記第 3-1 模擬速度信号とに基づいて第 3-2 模擬速度信号とを減算し第 3-2 模擬速度信号を出力する減算器と、

前記第 3-2 模擬速度信号と前記第 3-1 模擬速度信号とに基づいて第 3-2 模擬位置信号と前記第 3-1 模擬位置信号とを減算し第 3-2 模擬位置信号を出力する減算器と、

【請求項 3】 負荷機械と動力を伝達する伝達機構を介して前記負荷機械を駆動する駆動装置と前記伝達機構とを備えた機械系と、前記駆動装置の位置または速度を検出する観測器と、

伝達された駆動力に対して負荷機械の位置を出力する第 1 剛体系と、与えられた駆動力入力に対して駆動装置の位置を出力する第 2 剛体系と、前記第 1 剛体系や前記第 2 剛体系を連結するばね系とを備えた 2 慣性系として前記機械系を近似するとともに、前記第 1 剛体系の出力

ドバック制御系と、出力指令値が入力されるフィードバック制御系と、出力指令値が多次元フィードバック制御系と、を持った2自由度制御装置が多用されている。出力指令値および制御対象の出力指令値が入力されるフィードバック制御系と、出力指令値が入力されるフィードフォワード制御系と、を持った2自由度制御装置の表明として、例えば、特願平4-119402や特願平4-138223などの発明がある。図2は従来の2自由度制御装置の例を示すブロック線図である。図2に示すように、従来の位置制御装置は、トルク伝達機構を介して負荷機械を駆動する電動機と、前記電動機の回転角指令値を入力されたとくるとる回転位置演算を含む所定の順数演算により模擬回転信号と模擬速度信号と模擬トルク信号とをそれぞれ出力するフィードフォワード演算回路と、前記電動機の回転速度及び回転角を検出する回転検出器と、前記模擬回転角信号および前記回転検出器から出力された実回転角信号に基づいて第1の速度信号を出力する位置制御回路と、前記模擬速度信号と前記第1の速度信号と前記回転角信号に基づいて第2の速度信号とに基づいて第1のトルク信号とに基づいて前記模擬トルク信号を制御する制御手段とを備えたことにより、高速度かつ高精度な位置制御性能が得られる。特に、トルク伝達機構と負

荷機械と電動機とから構成された機械系を2慣性系として近似する場合、図24のような構造を持つ装置となる。

0003

【発明が解決しようとする課題】図24のような従来のフィードフォワード制御系の構成では、擾乱系の振幅回路に対して、1つのフィードバックをかけることによってフィードフォワード制御系のばね特性を指定することができる。

① 機械系の共振周波数が高い場合、つまり、機械系の共振モデルは剛体系で近似できる場合、前記フィードバック制御系のフィードバックゲインの選択は2次または3次の方程式の根を指定することになり、容易に実現される。

② しかし、機械系の共振周波数が低い場合、つまり、機械系を剛体系で近似できない場合、機械系の振動回路を2個性系モデルで構成しなければならないこととなる。例えば、機械系を2個性系として近似する場合、その入出力特性が、次のように式(1)~(4)のように表現させることは、一般的である。

【0004】

【数1】

(1)

$$v_L = \frac{1}{s} \left(\frac{-K_{DL2}}{J_L} v_L + \frac{\tau_{Ld2}}{J_L} + \frac{K_{c1}(x_M - K_{NxL})}{J_L} \right) \quad (2)$$

(3)

(3)

$$\nu_M = \frac{1}{s} \left(- \frac{K_c(x_M - K_N x_L)}{J_M} + \frac{\tau_{112} - \tau_{M2} - K_{DM} \nu_M}{J_M} \right) \quad (4)$$

(4)

それに対して、従来のフィードフォワード制御系の構成方法によれば、フィードフォワード制御系を構成するた
式(1)～(4)にしたがって前記機械系を2順
性系模擬回路で表すことが考えられる。式(1)～
(4)において、2階性模擬回路は、一般に図2、図1
1、図12の回路のように、入力される第3-2模運動
力値 x_{r12} と第3-1ね系系模擬回路の反作用動力 K
 $c(x_M-KN \ x)$ と第3-2副体系模擬回路に与える負動
力 x_{r10} と粘性摩擦の影響 $KDnL2$ と減算した結果に基づ
いて第3-2副体系模擬回路の位置 x_{r12} および速度
 v_{r12} を出力する第3-2副体系模擬回路と、第3-1
ね系から与えられる駆動力 $Kc1(x_M-KN \ x)$ と第3-1副体
系に与える負動作力 $rLd2$ と粘性摩擦の影響 $KDnL2$ と減算した結果に基づいて、第3-1模運動位置信号 x_{r11}

から負荷機械の位相への伝達特性との差の増減とその影響の大きさに応じて、負荷機械の応答特性と電動機との応答特性との間に、無効できない差が存在する場合があります。すなわち、前記電動機の応答特性に振動やオバーシュートが見られる場合は、前記負荷機械の応答特性に振動やオバーシュートが見られる。逆に、前記負荷機械は振動やオバーシュートが見られない場合は、前記電動機の応答特性に振動やオバーシュートが見られる。

【0005】ところで、従来のフィードフォワード制御系は、与えられた電動機の回転角指令値に対して、前記電動機のトルクを制御する制御手段である。すなわち、前記電動機の回転角指令値をいかに実現させることとは、前記フィードフォワード制御系の目的である。負荷機械の位置指令値を従来のフィードフォワード制御系に直接入力することは、回転角指令値発生回路を経由して、電動機の回転角指令値に変換する必要がある。

したがって、それを応用するとき、負荷機構の特性に応じて、前記電動機の場合は指令信号を生成するための回転角指令信号発生回路を設計する必要があるという問題がある。したがって、電動機のトルクから負荷機構の位置への伝達特性と、電動機のトルクとその取巻の大きさによって、回転角指令信号発生回路を結ぶ電動機の回転角指令信号発生回路を設計する必要があるという問題がある。

信号に変換する回路の規模を増加しなければならない問題がある。また、式(1)～(4)で示している2傾特性系は4次制御対象であるので、それを制御する制御系のゲインを調整することによってその制御系の応答特性を指定することは、少なくとも4次の方程式の根を指定

する問題になり、極めて困難である。さらに、前記負荷機械の応答特性と前記フィードバックゲインの選択との関係は意味であるので、上記4次以上の方程式の根を指定することを行っても、必ず前記負荷機械の応答特性をうまく指定できるとはいえない。例えば、図2-1で示すように、与えられた負荷位置指令に対して、図2-1で示すような駆動装置の位置応答 x_m とそれに対応する負荷機械の位置応答 x_l とが容易に得られる。ところで、通常の制御目的は、駆動装置の応答特性が良くなることで

また、図2-2で示すように、負荷機械の応答特性が良くなることである。以上から、この表明の目的は、与えられた負荷機械の位置指令X_{L0}に対して、図2-2で示すような駆動装置の位置応答特性を良好にすることが望まれている。したがって、前記負荷機械の応答特性を改善するために、図2-2で示すような駆動装置の位置指令x_Lとそれに対応する負荷機械の位置指令x_Hとが望まれている。したがって、前記負荷機械の応答特性を改善するために、図2-2で示すような駆動装置の位置指令x_Lとそれに対応する負荷機械の位置指令x_Hとが望まれている。したがって、前記負荷機械の応答特性を改善するために、図2-2で示すような駆動装置の位置指令x_Lとそれに対応する負荷機械の位置指令x_Hとが望まれている。

- ・ 負荷機械の位置指令X10に対して、
 - ・ 負荷機械の位置指令x1特性を容易に指定できること
 - ・ 制御系のゲインを容易に選択できる構造を持つこと
 - ・ 高速かつ振動を生じないこと

を実現する2慣性系の位置制御回路を提供することである。

[90000]

【課題を解決するための手段】前記の問題を解決するため、請求項1記載の2個性系の位置制御装置は、以下に述べるような手段を備えたものである。

(1) 伝達された駆動力力に対して負荷機械の位置を出力する第1剛体系と、与えられた駆動力力に対して駆動装置の位置を出力する第3～2剛体系と、前記第1剛体系や前記第3～2剛体系を連結するばね系とを備えた剛体系として前記機械系を近似し、前記第1剛体系の入出力力特性を把握し、後述の第1模擬動力信号に基づいて第1模擬位置信号及び第1模擬速度信号を出力する第1剛体系模擬回路。

(2) 前記負荷機械の位置指令X10信号と前記第1模擬位置信号と前記第1模擬速度信号に基づいて第1模擬動力信号を出力する第1制御回路。

(3) 前記はね系の入出力特性に基づいて、入力された前記第1模擬位置信号及び前記第1模擬動力信号に対して前記第1模擬位置装置の第2模擬位置指令X_{Mr1}を出力する第2制御系位置指令発生回路。

(4) 前記第3-2剛体系を模擬するとともに後述の第3-2換振動力信号に基づいて第3-2換振位置信号及び第3-2換振速度信号を出力する第3-2剛体系模擬回路。

(5) 前記ばね系を模擬するとともに前記第3-2模擬位置信号と後述の第3-1模擬位置信号とに基づいて第3-1模擬反作用動力信号と第3-1模擬駆動力信号とを出力する第3-1ばね系模擬回路

(6) 前記第1剛体系模戻回路と同一な構造を有しかつ前記第3-1模戻駆動力信号に基づいて第3-1模戻位置信号と第3-1模戻速度信号を出力する第3-1剛体系模戻回路。

(7) 後述の第3-2模擬動力指令と前記第3-1模擬
反作用動力信号とを減算し第3-2模擬動力信号を出力
する減算器。

(8) 前記駆動装置の第2換位位置指令Xtr1と前記第1換位位置信号と前記第3-1換位位置信号と前記第3-2換位位置信号と前記第1換位速度信号と前記第3-1換位速度信号と前記第3-2換位速度信号とに基づいて第3-2換位動力指令を出力する第3制御回路。

(9) 前記第3-2換装動力指令と前記第3-1換装位置信号と前記第3-2換装位置信号と前記第3-1換装速度信号と前記第3-2換装速度信号と前記観測器から取得られた駆動装置の観測位置と観測速度とに基づいて前記駆動装置の動力を制御する第2制御回路。

を示すブロック図である。

【図16】この発明の実施の形態1の第3速度制御回路を示すブロック図である。

【図17】この発明の実施の形態5を示すブロック図である。

【図18】この発明の実施の形態5の指令変換回路を示すブロック図である。

【図19】この発明の実施の形態7を示すブロック図である。

【図20】この発明の実施の形態7の負荷応答指定回路を示すブロック図である。

【図21】従来の電動機の位置制御装置による応答特性の概念図である。

【図22】所望の応答特性の概念図である。

【図23】本発明による負荷機械の応答特性の概念図である。

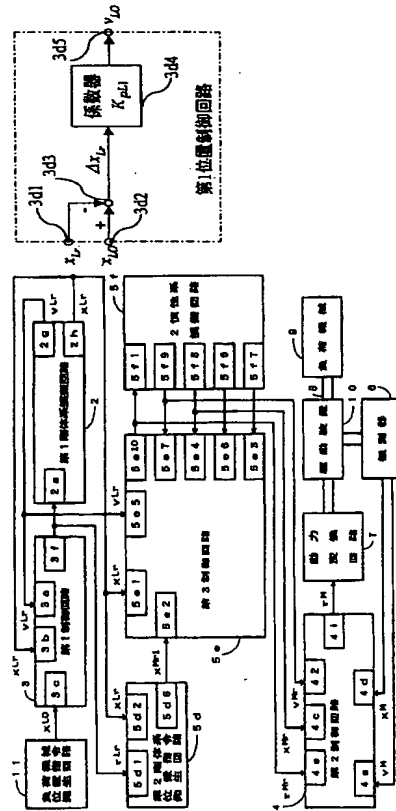
【図24】従来の電動機の位置制御装置を示すブロック図である。

【図25】従来の電動機の位置制御装置を示すブロック図である。

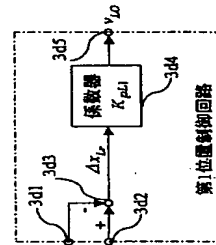
【符号の説明】

- 1 負荷応答指定回路
- 2 第1剛体系模擬回路
- 3 第1制御回路
- 3d 第1位置制御回路
- 3e 第1速度制御回路
- 4 第2制御回路
- 4f 第2位置制御回路
- 4g 第2速度制御回路
- 4h 第2動力制御回路
- 4h6 第2制限回路
- 5 指令変換回路
- 5d 第2剛体系位置指令発生回路
- 5e 第3制御回路
- 5e8 第3位置制御回路
- 5e9 第3速度制御回路
- 5ek 第3制限回路
- 5f 2慣性系模擬回路
- 5f3 第3-2剛体系模擬回路
- 5f4 第1ばね系模擬回路
- 6 観測器
- 7 動力変換回路
- 8 伝達機構
- 9 負荷機械
- 10 駆動装置
- 11 負荷機械位置指令発生回路
- 12 電動機回転角指令信号発生回路
- 20 21 電動機回転角指令信号発生回路
- 22 A制御回路
- 23 B制御回路
- 24 慣性系模擬回路
- 25 フィードフォワード信号演算回路
- 26 位置制御回路
- 27 速度制御回路
- 28 トルク制御回路

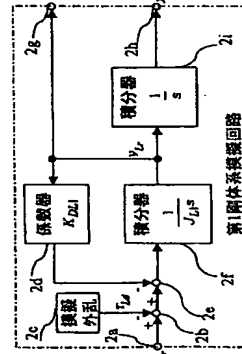
【図1】



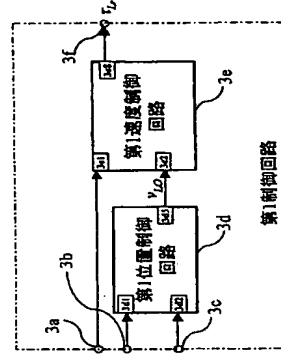
【図5】



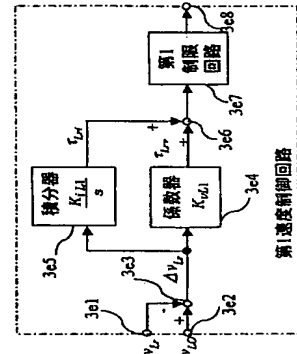
【図3】



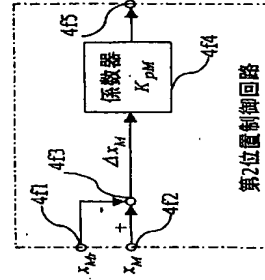
【図4】



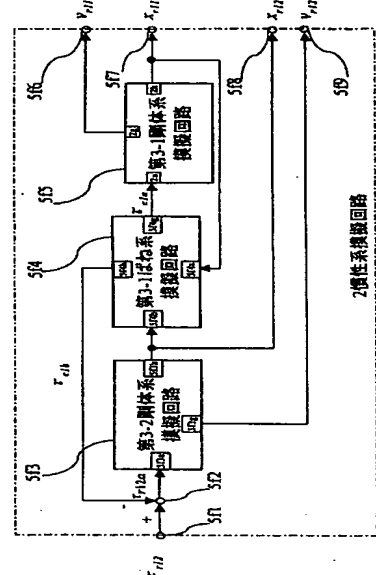
【図6】



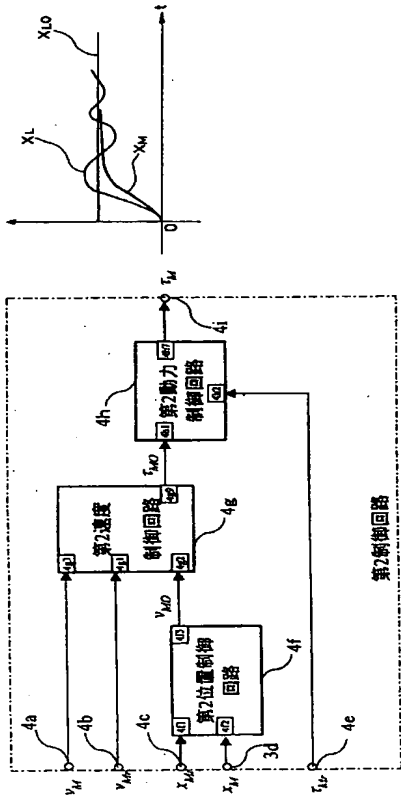
【図8】



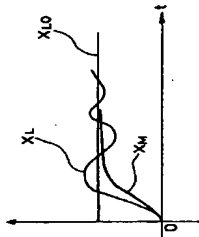
【図2】



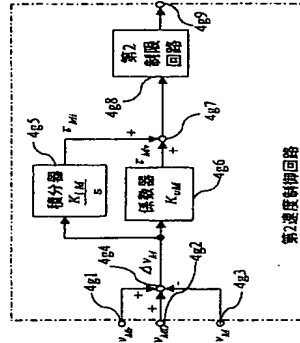
【図7】



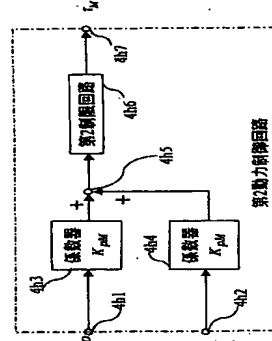
【図21】



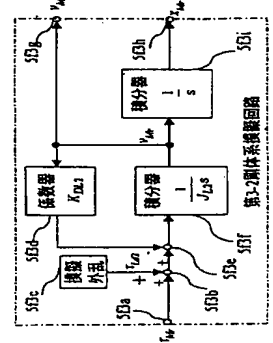
【図9】



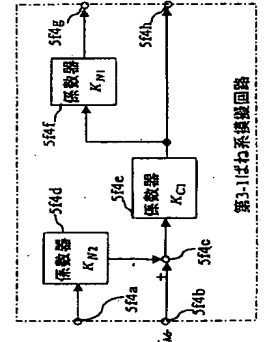
【図10】



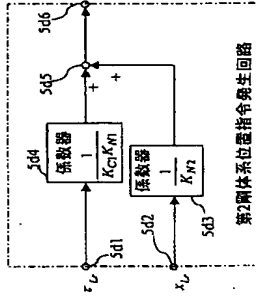
【図11】



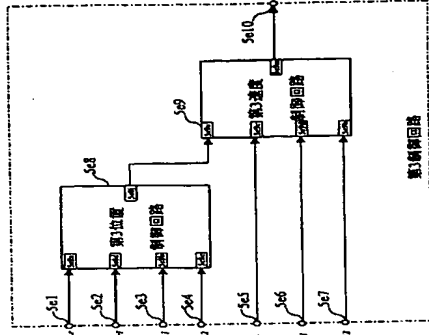
【図12】



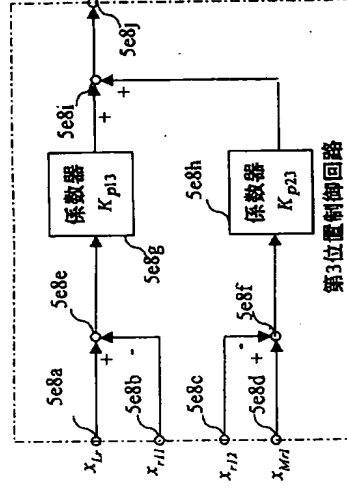
【図13】



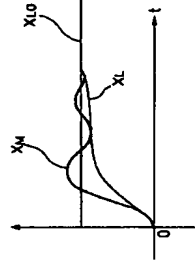
【図14】



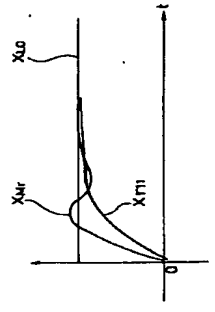
【図15】



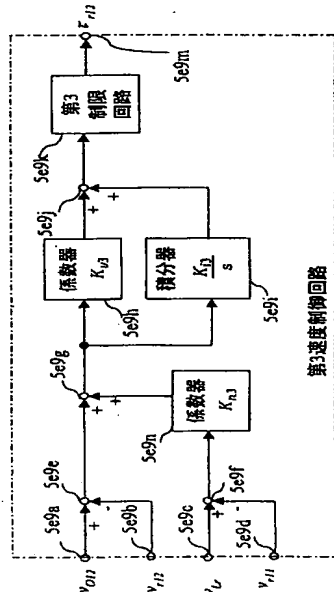
【図22】



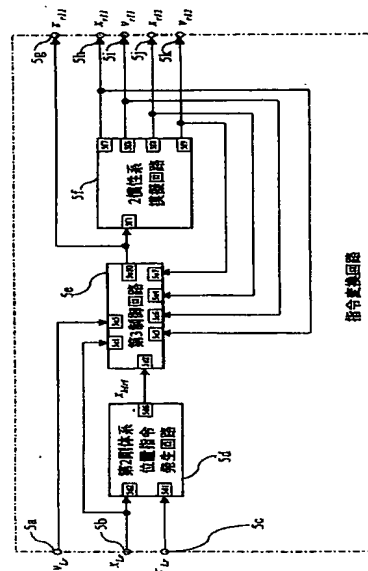
【図23】



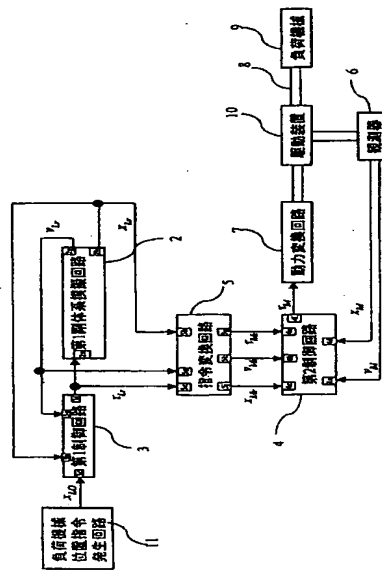
【図16】



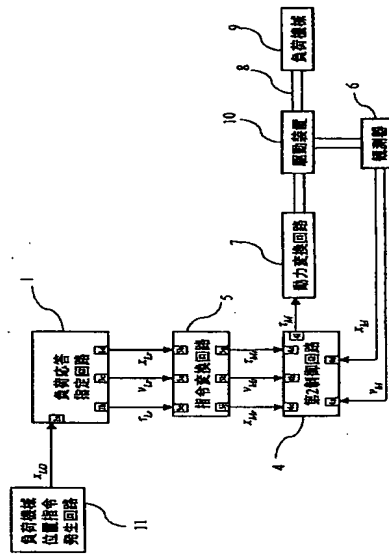
【図18】



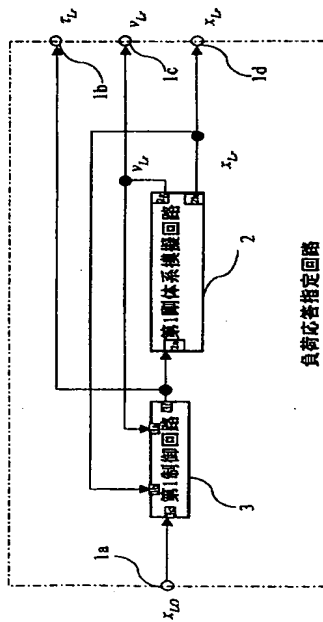
【図17】



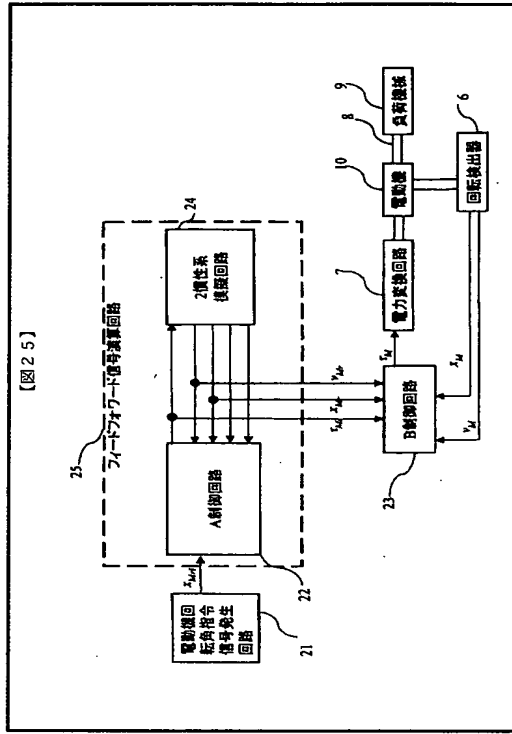
【図19】



【図20】



【図25】

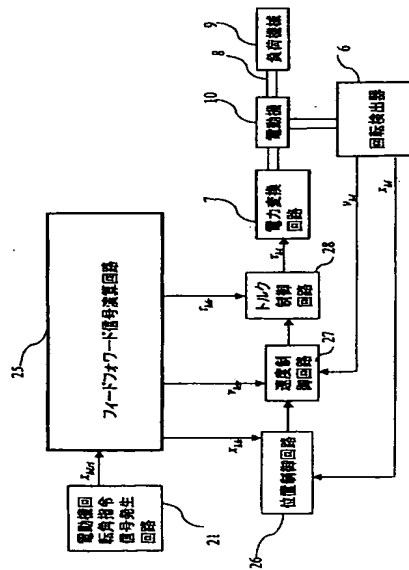


フロントページの続き

(72)発明者 小黒 龍一
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72)発明者 富田 浩治
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内

Fターム(参考) 5H004 GA02 GA09 GB16 HA07 HB07
HB08 KA22 KB05 KB31
5H303 AA01 AA10 BB20 CC02 CC04
DD01 DD02 DD04 DD11 JJ01
KK03 KK08 KK11
5H550 AA18 BB05 BB08 DD01 DD04
DD06 GG01 GG03 GG10 HB16
JJ04 JJ22 LL03 LL35

【図24】



THIS PAGE BLANK (USPTO)